

新世纪
高等职业教育规划教材



汽车机械基础

上册

卢晓春 主 编
黄 坚 副主编

 **机械工业出版社**
China Machine Press



新世纪高等职业教育规划教材

汽车机械基础

上册

主 编 卢晓春

副主编 黄 坚

参 编 王力夫

谢少芳

朱鹏超

主 审 郑时雄



机械工业出版社

本书是为适应高职高专“汽车机械基础”课程教学需要而编写的,内容是以构件的力学分析为基础,以常用传动机构和通用零件、液压和气压元件为主要研究对象,以传动方式(机械传动、液压传动和气压传动)为主线来介绍的。全书分上、下两册,除绪论外,共分为十七章。上册内容包括静力分析、承载能力分析、轴、轴承、联轴器、离合器、制动器以及其他常用传动机构和零部件;下册内容包括机构传动的基本知识、连杆传动、凸轮传动、带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动、轮系、机械运转的调速和平衡、液压传动以及气压传动。

本书为高等职业技术学院和高等专科学校汽车类专业的教材,也可供有关专业技术人员、汽车维修技师和汽车维修工参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车机械基础(上、下册)/卢晓春主编. —北京:机械工业出版社,2002.7
新世纪高等职业教育规划教材
ISBN 7-111-10493-5

I. 汽… II. 卢… III. 汽车—机械学—高等学校:技术学校—教材 IV. U46

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第044244号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
责任编辑:赵爱宁 版式设计:冉晓华 责任校对:张媛
封面设计:姚毅 责任印制:路琳
北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2002年8月第1版·第1次印刷
787mm×1092mm^{1/16}·26印张·639千字
0 001—3 000册
定价:38.00元(上、下册)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010) 68993821、68326677-2527
封面防伪标均为盗版

新世纪高等职业教育规划教材编审委员会

主任委员	李维东	广东白云职业技术学院	常务副院长
副主任委员	陈周钦	广东交通职业技术学院	院长
	石令明	广西柳州职业技术学院	院长
	蔡昌荣	广州民航职业技术学院	副院长
	覃洪斌	广西职业技术学院	副院长
	姚和芳	湖南铁道职业技术学院	副院长
	韩雪清	机械工业出版社教材编辑室	副主任
委 员	沈耀泉	深圳职业技术学院	副院长
	郑伟光	广东机电职业技术学院	副院长
	张尔利	广西交通职业技术学院	院长
	谈向群	无锡职业技术学院	副院长
	刘国生	番禺职业技术学院	副院长
	陈大路	温州职业技术学院理工学区	主任
	邹 宁	广西机电职业技术学院	副院长
	成王中	济源职业技术学院	副院长
	管 平	浙江机电职业技术学院	副院长
	韦荣敏	广西柳州市交通学校	校长
	田玉柯	遵义航天工业学校	校长
	黄秀猛	厦门市工业学校	校长
	张毓琴	广东白云职业技术学院	兼委员会秘书

编写说明

20 世纪 90 年代以来,我国高等职业教育为社会主义现代化建设事业培养了大批急需的各类专门人才,提高了劳动者的素质,对建设社会主义精神文明,促进社会进步和经济发展起到了重要作用。中共中央、国务院《关于深化教育改革,全面推进素质教育的决定》指出:“要大力发展高等职业教育。”教育部在《关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》中明确指出:“高职高专教育是我国高等教育的重要组成部分,培养拥护党的基本路线,适应生产、建设、服务第一线需要的,德、智、体、美等方面全面发展的高等技术应用性专门人才;学生应在具有必备的基础理论知识和专门知识的基础上,重点掌握从事本专业领域实际工作的基本能力和基本技能。”加入 WTO 以后,我国将面临人才资源的全球竞争,其中包括研究开发型人才的竞争,也包括专业技能型优秀人才的竞争。高等职业教育要适应我国现代化建设的需要,适应世界市场和国际竞争的需要,尽快为国家培养出大批符合市场需求的、有熟练技能的高等技术应用性人才。

教材建设工作是整个高等职业教育工作中的重要内容,在贯彻国家教改精神保证培养人才质量等方面起着重要作用。根据目前高等职业教育发展的趋势,机械工业出版社组织全国多所在高等职业教育办学有特色、在社会上有影响的高职院校成立了“新世纪高等职业教育规划教材编审委员会”,诚聘教学经验丰富、实践能力强的专业骨干教师,组织、规划、编写了此套“新世纪高等职业教育规划教材”,首批教材含三个专业系列共 21 种书(书目附后)。系列教材凝聚了全体编审人员、编委会委员的大量心血,同时得到了各委员院校的大力支持,在此表示衷心感谢。

参加本套教材编写的作者均来自教学一线,他们对高职教育的专业设置、教学大纲、教改形势都有深刻的认识和体会。这为编写出具有创新性、适用性的高职教材奠定了良好基础。

本套教材的编写以保证基础、加强应用、体现先进、突出以能力为本位的职教特色为指导思想,在内容上遵循“宽、新、浅、用”的原则。所谓“宽”,即知识面宽,适用面广;所谓“新”,就是要体现新知识、新技术、新工艺、新方法;所谓“浅”,是指够用为度、通俗易懂;所谓“用”,就是要注重应用、面向实践。

本套教材的出版,将促进高等职业教育的教材建设,对我国高等职业教育的发展产生积极的影响。同时,我们也希望在今后的使用中不断改进、完善此套教材,更好地为高等职业教育服务,为经济建设服务。

新世纪高等职业教育规划教材编审委员会

前 言

根据 21 世纪高等职业教育人才特点,以及汽车类专业人才的素质、业务范围、知识和能力结构等方面的要求,“汽车机械基础”作为该专业的一门技术基础课,是学好后继专业课程的基础。

通过本课程的学习,可对汽车采用的常用零部件、机械传动方式、液压与气压传动有一个较全面的、概括性的了解,初步掌握常用零部件、机械传动方式、液压与气压传动的工作原理、结构特点,并具备一定的合理选择及应用的能力。随着汽车新技术的不断应用,按照高等职业教育教学的要求,作为一门主干技术基础课程,“汽车机械基础”课程应更加实用化、综合化,涉及内容应更加广泛,使之更加切实可行地应用于汽车相关专业教学之中。

因此,本教材在编写过程中,认真贯彻了教育部“关于加强高职高专教育人才培养工作的若干意见”文件的精神,拓宽知识面,以必需、够用为度,力求针对性和实用性,重点反映对汽车类专业基本能力和基本技能的培养与要求,及时反映汽车新材料、新技术和新标准的应用,以适应社会对汽车类专业人才的需求,体现出高职高专教育以能力为本位的特色。

本书内容是以构件的力学分析为基础,以常用传动机构和通用零件、液气压元件为主要研究对象,以传动方式(机械传动、液压传动和气压传动)为主线来介绍的。全书分为四篇:力学分析、轴系零部件、机构传动以及液压与气压传动。

本书旨在对汽车机械方面的一般知识作较为系统的介绍,并不要求读者通过本书学习就能具备进行复杂设计计算的能力。但是,本书在内容和作业编排上又具有一定的深度和广度,以使读者掌握必要的基本理论、基本知识和基本方法。

本书由广东交通职业技术学院卢晓春任主编,广西职业技术学院黄坚任副主编。全书共分为十七章。其中,绪论,第三、四、十一章由卢晓春编写;第一、二章由黄坚编写;第五、六、十、十二、十三章由广东交通职业技术学院王力夫编写;第七、八、九、十四、十五章由广东交通职业技术学院谢少芳编写;第十六、十七章由湖南铁道职业技术学院朱鹏超编写。

本书由华南理工大学博士生导师郑时雄教授主审,在此深表感谢。在本书编写的过程中,我们参考了大量资料和文献,在此,对原作者一并表示深切的谢意。

由于时间仓促和水平有限,书中难免有缺点甚至错误,欢迎读者批评指正,以便修改再版。

编者

2002 年 1 月

目 录

前言

绪论	1
第一节 本课程研究的对象和内容	1
第二节 本课程的学习目的和学习方法	4
第三节 机械设计的基本要求和设计方法	5
复习思考题	8

第一篇 力学分析

第一章 静力分析

第一节 静力分析的基本概念和定理	9
第二节 受力分析与受力图	13
第三节 平面力系的简化与合成	19
第四节 平面力系的平衡	29
第五节 物系的平衡	33
第六节 考虑摩擦时的平衡问题	36
第七节 空间力系	41
复习思考题	45

第二章 承载能力分析

第一节 承载能力分析的基本知识	49
第二节 轴向拉伸与压缩	52
第三节 剪切和挤压	65
第四节 扭转	68
第五节 平面弯曲	77
第六节 组合变形的强度计算	101
第七节 疲劳破坏	108
复习思考题	111

第二篇 轴系零部件

第三章 轴

第一节 轴的分类	118
第二节 轴的结构设计	119
第三节 轴的强度与刚度校核	127
复习思考题	132

第四章 轴承

第一节 滑动轴承	133
第二节 滚动轴承	142
第三节 滑动与滚动轴承的比较及选用	157
复习思考题	160

第五章 联轴器、离合器与制动器

第一节 联轴器	161
第二节 万向节	164
第三节 离合器	169
第四节 制动器	172
复习思考题	173

第六章 其他常用零部件

第一节 键联接与花键联接	174
第二节 螺纹联接	179
第三节 紧固联接	188
第四节 弹簧	192
复习思考题	197

参考文献

参考文献	198
------------	-----

绪 论

第一节 本课程研究的对象和内容

一、本课程研究的对象

本课程研究的对象是汽车机械。

汽车机械是机械工业的重要组成部分。在一些发达国家，汽车工业产值占国民经济总产值的8%，占机械工业产值的30%，足以左右整个国民经济的动向。可见，汽车工业是国民经济的支柱产业。

机械也常称为机器，是人类在长期生产实践中为满足自身生活需要而创造出来的。机械工业已经成为现代工业的基础，因此，机械的发展水平是衡量一个国家技术水平和现代化程度的重要标志。

图0-1所示是典型的轿车总体构造。一般汽车由发动机、底盘和车身三大部分组成。发动机是使输送进来的燃料燃烧而产生动力的部件，一般采用内燃机，由曲柄连杆机构、凸轮配气机构、燃料供给系、冷却系、润滑系、点火系和起动系组成。底盘是将发动机输出的动力转变为汽车的运动，并按驾驶员的操纵而正常行驶的部件，由传动系、行驶系、转向系和制动系组成。传动系包括离合器6、变速器7、传动轴8、主减速器及差动器9、半轴12等传递动力的部分组成；行驶系对全车起支承作用，以保证汽车正常行驶，包括车架、前悬架2和后悬架10、前车轮3和后车轮13等部分；转向系使汽车按选定方向行驶，包括转向器17、转向传动装置等；制动系使汽车可靠停驻、停车和减速，包括前、后轮制动器4和11、控制、传动等装置。车身是驾驶员工作及容纳乘客和货物的场所。汽车是一个机械系统，通过这三大部件实现汽车安全的行驶功能，使人类以车代步。

图0-2所示为单缸内燃机结构，是由气缸体1、活塞2、进气阀3、排气阀4、推杆5、凸轮6、连杆7、曲柄8和大小齿轮9、10等所组成的。内燃机工作时，气缸燃气推动活塞运动。活塞的上下往复移动通过连杆转变为曲轴的连续转动。凸轮和推杆是用来打开或关闭进气阀和排气阀的。为了保证曲轴每转两周，进、排气阀各开闭一次，在曲轴和凸轮之间安装了齿数比为1:2的一对齿轮。这样，当燃气推动活塞运动时，进、排气阀有规律地开闭，加上供给、点火系等装置的配合，把燃气的热能转换为曲轴转动的机械能。

从以上例子分析，可以归纳或以下几点认识：

(1) 一部完整的机器 一般都有下面四个基本组成部分。

1) 动力部分。它是驱动整个机器完成预定功能的动力源，如汽车的发动机。各种机器广泛使用的动力源有电力、热力、液力、压缩气体、风力等。

2) 执行部分。它是机器中直接完成工作任务的组成部分，如汽车的行驶系、内燃机的活塞、起动机的吊钩、机床的刀架等。

3) 传动部分。它是机器中介于原动机和执行部分之间，用来完成运动形式、运动和动力参数转换的组成部分。利用它可以减速、增速、调速、改变转矩以及改变运动形式等，从而

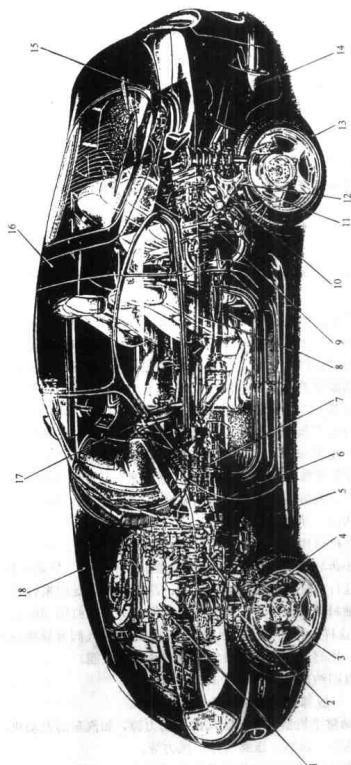


图 0-1 典型的轿车总体结构

1—发动机 2、10—前、后悬架 3、13—前、后轮 4、11—前、后轮制动器 5—副车架 6—离合器 7—变速器 8—传动轴
9—主减速器及差动器 12—半轴 14—消声器 15—油箱 16—车身 17—转向器 18—车前板附件

满足执行部分的各种要求,如汽车的传动系、内燃机的连杆、齿轮机构。常用的传动形式有机械传动、液压传动、气压传动、电动传动等。其中,机械传动应用最广。

机械传动通常是通过各种传动机构,如连杆传动机构、凸轮传动机构、带传动、齿轮传动、间歇运动机构、起停和换向等装置,与各种零件,如轴、轴承、联轴器、螺栓及弹簧等配合完成传动任务的。其运动特性通常用转速、速比、变速范围等参数表示;动力特性通常用功率、转矩、效率等表示。

4) 控制部分。它是使上述三个基本职能部分彼此协调运作,并准确、安全、可靠地完成整机功能的组成部分,如汽车的转向系、制动系,内燃机的凸轮配气机构等。它包括机械控制、电气控制、液压控制和气压控制系统等。

以上四部分中,执行部分和传动部分是机器的主体。

(2) 任何机器都是由许多零件组合而成。根据机器的功能和结构要求,某些零件需刚性联结成一个整体,成为机器中运动的基本单元件,通常称为构件。零件是机器中最小的制造单元。为了结构和工艺的需要,构件既可以由若干个零件组成,也可以是独立运动的零件。

(3) 机器除传递运动和动力外,还具有变换或传递能量、物料和信息的功能。机器具有以下三个特征:

- 1) 机器是由多个构件组成的。
- 2) 各构件间具有确定的相对运动,能够实现预期的机械运动。

3) 能够完成有效的机械功或进行能量转换(如内燃机把热能转换成机械能)。

具有机器前两个特征的多构件组合体,称为机构。机构能实现一定规律的运动,是机器中执行机械运动的装置。例如图 0-2 中,曲柄、连杆、活塞和气缸体所组成的曲柄滑块机构,可以把往复直线运动转变为连续转动;由大、小齿轮和气缸体所组成的齿轮机构,可以改变转速的大小和方向;由凸轮、推杆和气缸体所组成的凸轮机构,可以将连续转动变为有规律的往复运动。

如果仅研究构件的运动和受力情况,机构与机器之间并无区别。因此,机械可以看作机器和机构的总称。

(4) 机器的各组成部分随其用途不同而各异。但在不同的机器组成中,常包括齿轮、带轮、凸轮、连杆、液压、气压等传动机构,以及轴、轴承、联轴器、离合器、键、螺栓、销和弹簧等零部件,包含有机械、电气等传动、控制元件和机构。它们在不同的机器中所起作

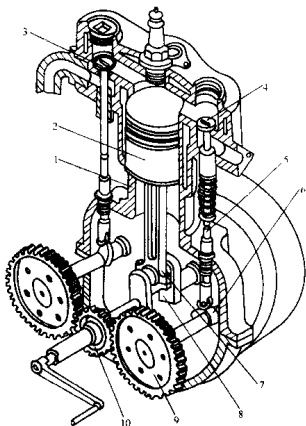


图 0-2 单缸内燃机构造

1—气缸体 2—活塞 3—进气阀 4—排气阀 5—推杆
6—凸轮 7—连杆 8—曲柄 9、10—大、小齿轮

用和工作原理基本相同,是各种机器共同的、重要的组成部分。对这些常见机构、零部件和元件,一般称为常用机构、通用零部件和元件。

二、本课程研究的内容

汽车和工程中各种机械设备、结构物一样,在工作过程中,各构件会受到各种各样载荷的作用。在这些载荷的作用下,构件必须满足相应的要求才能正常工作,从而避免在工作寿命期限内失效。而如何使设计的构件具备相应的工作能力,在工作过程中各构件为什么会失效,如何避免等等,都必须运用力学的理论和方法去分析、计算。

因此,本课程对汽车机械基础的研究是以构件的力学分析为基础、以常用传动机构和通用零件、液气压元件为主要研究对象、以传动方式(机械传动、液压传动和气压传动)为主线来进行的。具体内容分为以下四篇:

第一篇力学分析——主要讲述力学分析的基础知识,介绍构件(物体)的受力分析、力系的简化和物体的平衡条件,物体在外力作用下的变形、失效破坏的规律,以及承载能力的计算方法。

第二篇轴系零、部件——主要阐述汽车机械中轴系零部件及汽车中常用零件的工作原理、类型、结构特点、材料和结构设计方法、选用原则和方法,扼要地介绍通用零部件的有关国家标准和规范。

第三篇机构传动——主要阐述汽车机械中常用机械传动机构的工作原理和类型、运动特点 and 设计方法、选用原则和方法、一般使用维护知识,并简单介绍机器动力学有关知识。

第四篇液压与气压传动——主要讲述液压与气压传动的基本原理与基本知识、主要元件、基本回路,应用在汽车上的典型液压系统与气压系统分析等。

本书旨在对汽车机械方面的一般知识作一较为系统的介绍,并不要求读者通过本书学习就能具备进行复杂设计计算的能力。但是,本书在内容和作业编排上又具有一定的深、广度,以使读者掌握必要的基本理论、基本知识和基本方法。

第二节 本课程的学习目的和学习方法

“汽车机械基础”是汽车类专业的一门技术基础课程,通过本课程的学习和实践性训练,可以达到:

- 1) 了解使用、维护和管理机械设备的一些基础知识。
- 2) 掌握机械中的常用机构、通用零部件和元件的工作原理、特点、选用及其设计计算方法。
- 3) 具有初步设计机械传动和简单机械的能力。
- 4) 为后继课程的学习打下必要的基础。

学习本课程要综合运用高等数学、机械制图、金属材料及热处理、互换性与技术测量、计算机等基本知识,学会构件的承载能力分析,解决常用传动机构及其零件、元件的设计与应用等问题,具有较强的综合性、实践性,在相关各专业课程的教学占有重要的地位,是学生必备的专业技术基础知识。

学习本课程时,应当注意理论、经验与试验三者并重。如以力学理论为基础的理论分析计算方法,是解决这些问题的一个主要方法。由于实际问题很复杂,影响因素很多,作理论

分析时必须抓住主要因素,暂时不考虑次要因素,使问题得到简化,从而建立力学模型,据以进行逻辑推理和数学运算,求得问题的解答。这实际上是一种近似的简化计算方法,其结果近似地反映了客观实际。为使计算结果与实际尽可能相符,以便于实际应用,工程中常用一些系数来反映次要因素的影响,如用动荷系数反映加速度的影响等。

理论分析计算并非研究机械的惟一方法。根据实际经验,在参考同类机械或零件的基础上进行分析和设计的经验方法(参照或类比法),是研究机械的另一个重要方法。这种方法以大量的实践经验和统计结果为依据,实用价值很高,常用于设计次要的机械或零件,或用于确定零件的次要尺寸。进行理论分析计算时,还用它来拟定初步方案和选择某些数据,即进行所谓“初选”,以补充给定条件的不足。此外,对于某些重要的机械,还采用试验或模型试验的方法进行研究,以检验和修正理论分析的结果,或直接解决某些实际问题。试验还为建立力学理论提供基础,并验证其正确性。因此,学习本课程时,应当理论、经验与试验三者并重。

本书所介绍的设计和选用计算方法基本经过简化,用它们可以解决一般的生产实际问题。但对于重要和复杂的机械,则应采用更加精确和完善的设计计算方法。这类方法比较复杂,需要较为深厚的理论基础和完成较大的计算工作量。近代力学理论的发展和电子计算机的应用,推动了机械设计方法的不断更新。

第三节 机械设计的基本要求和方法

汽车是数量最多、最普及、活动范围最广泛、运输量最大的现代化交通工具,是对社会产生广泛而深远影响的机械产品。它遵循一般机械产品设计的基本要求和方法。

一、机械设计的基本要求

机械的类型很多,但其设计的基本要求大致相同,主要有以下几方面。

1. 功能性要求

功能性要求是指被设计机器的功用和性能指标,一般包括运动性能、动力性能、基本技术指标及外形结构等方面的要求。

机器必须具有预定的功能要求,这是设计机器的基本出发点,如汽车要求安全、快捷的行驶。为此,必须正确选择机器的工作原理,正确设计或选用原动机、传动机构和执行机构,以及合理配置辅助系统来保证。

2. 安全可靠要求

机器在预定工作期限内必须具有一定的可靠性,这是机器正常工作的必要条件。为此,应使所设计的机器零件结构合理并满足强度、刚度、耐磨性、耐热性、振动稳定性及其寿命等方面的要求。

提高机器可靠度的关键是提高其组成零件的可靠度。此外,从机器设计的角度,确定适当的可靠性水平,力求结构简单,减少零件数目,尽可能选用标准件及等可靠度零件,合理设计机器中的组件和部件,以及选取较大安全系数等,对提高机器可靠度也是十分有效的。

3. 经济性要求

设计机器时,应考虑在实现预定功能和保证安全可靠的前提下,最大限度地考虑其经济性,尽可能做到经济合理。

机器的经济性体现在设计、制造和使用的全过程中,包括设计制造经济性和使用经济性。设计制造经济性表现为机器的成本低;使用经济性表现为高生产率、高效率,较低的能源与材料消耗,以及低的管理和维护费用等。

提高设计制造经济性的主要途径有:

1) 尽量采用先进的现代设计理论和方法,力求参数最优化,以及应用CAD技术,加快设计进度,降低设计成本。

2) 合理地组织设计和制造过程。

3) 最大限度地采用标准化、系列化及通用化的零、部件。

4) 合理地选用材料,努力改善零件的结构工艺性,尽可能采用新材料、新结构、新工艺和新技术,使其用料少、质量轻、加工费用少。

5) 尽力注意机器的造型设计,扩大销售量

提高机器使用经济性的主要途径有:

1) 提高机械化、自动化水平。

2) 选用高效率的传动系统和支承装置。

3) 注意采用适当的防护、润滑和密封装置等。

通过上述途径,提高生产率,降低能源消耗和延长机器使用寿命等。

4. 劳动保护要求

设计机器时,应对劳动保护要求给予极大的重视。设计的机器应力求操作方便,注意操作者的操作安全,减轻操作时的劳动强度,改善操作者及机器的环境,降低机器工作时的振动与噪声,防止有毒、有害介质泄漏,治理废水、废气和废液,美化机器的外形及外部色彩。总之,所设计的机器应符合劳动保护法规的要求。

5. 其他特殊要求

对不同的机器,还有一些为该机器所特有的要求。例如,对汽车机械有节约燃料的要求;对食品机械有保持清洁、不能污染产品的要求;对机床有长期保持精度的要求。设计机器时,不仅要满足前述共同的基本要求,还应满足其特殊要求。

具体设计时,必须根据所设计的机器的实际情况,分清各项设计要求的主、次程度,确定最优设计方案。

二、机械设计的一般程序与方法

机械设计没有一成不变的程序,应根据具体情况而定。这里仅介绍一般设计程序。

1. 提出和制定产品任务书

首先应根据用户的需要与要求,确定所要设计机器的功能和有关指标,研究分析其实现的可能性,然后确定设计课题,制定产品设计任务书。在任务书中,应注明产品的用途、主要技术经济指标、使用条件、设计承担者和预定的设计周期等。

2. 总体方案设计

根据设计任务书,进行调查研究,了解有关的技术经济信息,确定实现预定功能的机器的工作原理,预定总体设计方案;进行运动和动力分析,从工作原理上论证设计任务的可行性,绘制机构简图;同时可进行液压、电气控制系统的方案设计。

3. 技术设计

在总体方案设计的基础上,确定机器各部分的结构和尺寸,绘制总装配图、部件装配图

和零件图。为此,必须对所有零件(标准件除外)进行结构设计,并对主要零件的工作能力进行计算,即进行机械零件设计。机械零件设计是本课程研究的主要内容之一,设计方法步骤在后面详述。

4. 编制技术文件

要编制的技术文件有机械设计说明书、使用说明书、标准件明细表及易损件(或备用件)清单等。

5. 样机的试制和鉴定

设计的机器能否满足预定功能要求,需要进行样机的试制和鉴定。样机制成后,可通过生产运行,进行性能测试;然后便可组织鉴定,进行全面的技术经济评价。这主要包括动力特性审查、标准化审查、工艺审查、成本预测等,同时对设计可进行适当修改,以继续完善设计方案;必要时进行小批量生产。

三、现代设计方法简介

现代化的汽车产品,出自现代化的设计手段和生产工艺。现代设计方法是科学方法论应用于设计领域所形成的设计方法,是动态地、科学地、计算机化地实现设计过程和执行设计任务的设计方法。现代设计方法种类极多,这里仅简略介绍几种在汽车机械设计中应用较为成熟、影响较大的方法。

1. 优化设计方法

优化设计是将最优化的数学理论(主要是数学规划理论)应用于设计领域而形成的一种设计方法。该方法先将设计问题的物理模型转化为数学模型,再选用适当的优化方法并借助计算机求解该数学模型,从而求得最佳设计方案。近些年来,优化设计还和可靠性设计、模糊设计等其他一些设计方法结合起来,形成了可靠性优化设计、模糊优化设计等一些新的优化设计方法。

2. 机械可靠性设计

机械可靠性设计是将概率论、数理统计、失效物理和机械学相结合而形成的一种设计方法。其主要特点是将传统设计中视为单值而实际上具有多值性的设计变量(如载荷、应力、强度、寿命等)看成服从某种分布规律的随机变量,用概率统计方法设计出符合机械产品可靠性指标要求的零部件和整机的主要参数及结构尺寸。

3. 机械动态设计方法

机械动态设计是根据机械产品的负载工况,以及对该产品提出的动态性能要求与设计准则,按动力学方法进行分析计算、优化与试验并反复进行的一种设计方法。机械动态设计是现代机械设计区别于传统机械设计的重要特征之一。该设计方法可使机械产品的动态性能在设计时就得到预测和优化。

4. 模块化设计方法

模块化设计是在对一定应用范围内的不同功能或相同功能不同性能、不同规格的机械产品进行功能分析的基础上,划分并设计出一系列功能模块,然后通过模块的选择和组合构成不同产品的一种设计方法。该方法的主要目标是以尽可能少的模块种类和数量组成尽可能多的种类和规格的产品。与传统设计相比,模块化设计具有产品设计与制造时间短、利于产品更新换代和新产品开发、方便维修、利于提高产品质量和降低成本等优点,从而增强市场竞争能力和企业对市场的应变能力。

5. 价值分析

价值分析 (Value Analysis, 简称 VA) 又叫价值工程 (Value Engineering, 简称 VE), 是以产品功能分析为核心, 以开发创造性为基础, 以科学分析为工具, 寻求功能与成本的最佳比例, 以获得最优价值 (价值优化) 的一种设计方法或管理科学。价值分析中, “分析”只是手段, “获得最优价值”即价值优化才是设计中始终应贯彻的指导思想和应争取的目标。

6. 机械系统设计

机械系统设计是应用系统的观点进行机械产品设计的一种设计方法。传统设计只注重机械内部系统设计, 且以改善零部件的特性为重点, 对各零部件之间、内部与外部系统之间的相互作用和影响考虑较少。机械系统设计则遵循系统的观点, 研究内、外系统和各子系统之间的相互关系, 通过各子系统的协调工作, 取长补短来实现整个系统最佳的总功能。

机械系统设计的一般过程包括计划、外部系统设计 (简称外部设计)、内部系统设计 (简称内部设计) 和制造销售四个阶段。

7. 人机学设计

人机学设计是从人机工程学的角度考虑机械设计、处理机械和人的关系, 以便使设计满足人的需要。该方法从系统论的观点来研究人、机器和环境所组成的系统, 研究组成三要素及其相互关系。其研究的重点则是人, 从人的生理和心理特征考虑, 使系统中的三要素相互协调, 以便促进人的身心健康, 提高人的工作效能。

8. 计算机辅助设计

计算机辅助设计 (Computer Aided Design, 简称 CAD) 是利用计算机运算快速准确、存储量大、逻辑判断功能强等特点进行设计信息处理, 并通过人机交互作用完成设计工作的一种设计方法。一个完备的 CAD 系统, 由科学计算、图形系统和数据库三方面组成。与传统设计方法相比, CAD 可显著提高设计效率, 缩短设计周期, 有利于加快产品更新换代, 增强市场竞争能力; 同时, 还具有便于充分应用其他各种先进的现代设计方法, 以获得最佳设计方案等优点。

复习思考题

- 0-1 用生活和生产中的三个实例说明机构和机器具有的特征。
- 0-2 机器就其功能来讲, 一般都由哪几部分组成? 各部分有何作用?
- 0-3 构件与零件有何关系? 举例说明。
- 0-4 本课程学习的内容是什么?
- 0-5 机械设计的基本要求是什么? 机械设计的一般步骤有哪些?

第一篇 力学分析

力学分析是研究物体的机械运动和构件承载能力的知识。本篇重点介绍静力分析和构件承载能力分析的有关内容,主要研究力系的简化以及物体在力系作用下平衡的普遍规律,构件受力作用后所发生的变形,以及介绍构件内力、应力和强度、刚度、稳定性计算的基本理论和方法。

通过本篇的学习,要求学习者达到:

- 1) 深刻理解基本概念,熟练掌握有关力学定理、公理和定律。
- 2) 学会用抽象简化的思维方式学习理解力学的一般规律,同时灵活运用数学工具解决实际问题。
- 3) 掌握基本的力学分析和运算技能。

第一章 静力分析

对汽车机械基础的研究是以构件的力学分析为基础的,而静力分析主要研究力系的简化以及物体在力系作用下平衡的普遍规律。本章主要讲述静力分析的基础知识,介绍构件(物体)的受力分析、力系的简化和利用物体的平衡条件计算未知力的大小和确定未知力的方向

第一节 静力分析的基本概念和定理

一、静力分析的基本概念

1. 力

力是物体间相互的机械作用。力作用的结果是使物体的运动状态发生变化,即力的外效应;或使物体的形状发生改变,即力的内效应。如图 1-1 所示,力使物体运动状态发生了变化。

力是人们通过长期的生产实践和科学实验、观察逐步建立起来的观念。力和人们的日常生活、生产实践息息相关、密不可分。力作用的例子相当普遍,无处不在,例如:

人用手推、拉、投掷、举起物体使其运动状态改变;空中物体受到地球引力的作用坠落;行进中的汽车受到制动力作用而停下;汽车发动机中的活塞在气缸内燃料燃烧所产生的作用下,沿气缸的轴线移动等等。

力对物体的效应取决于力的三要素,即力的大小、力的方向和力的作用点位置。只要力的三要素之一发生改变,则力对物体的效应也就随之改变,如图 1-1 所示。力是有大小和方向的量,因此力是矢量。力矢用黑体字母“ $\boldsymbol{F}$ ”表示,相应的明体字母“ F ”则表示力矢的大小。



图 1-1 力的效应

本书采用以国际单位制为基础的法定计量单位,力的单位是牛[顿],符号为“N”,或用千牛[顿],符号为kN。

力的图示法:力用带箭头且通过力的作用点的有向线段表示,其中线段长度按一定的比例量取,表示力的大小,线段的末端B的箭头表示力的方向,如图1-2a所示。图1-2b是行驶于路上的汽车所受的驱动力 F 和地面支承力 F_{N1} 、 F_{N2} 的表示方法。

2. 刚体

刚体是指受力作用后不变形的物体。这是一个抽象化了的理想的力学模型。

在工程实际中常用的构件材料,如钢、铸铁、混凝土、木材及陶瓷等,均有足够的抵抗变形的能力。因此,受力产生的变形是极其微小的。在许多工程问题中,构件的这些微小变形对研究物体的平衡问题来说可以忽略不计。如图1-3所示齿轮轴,在其运转过程中,齿轮轴的微小弯曲对两端轴承受力的影响极小,在研究齿轮轴的受力时,可忽略轴的变形因素,使问题得以简化,而将原物体看作是不变形的“刚体”。

实践证明,在静力学中把所研究的物体抽象为刚体,不仅是解决工程实际问题所允许的,同时也是认识力学规律所必需的。抽象简化可以使许多工程实际问题的解决大为简便,而且计算结果也是足够精确的。

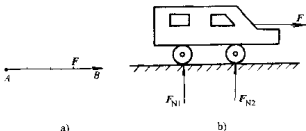


图1-2 力的表示法

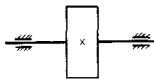


图1-3 齿轮轴

应该指出,“刚体”这一力学模型的应用是有范围和条件的。例如,当研究物体的内力分布规律时,即使物体的变形再小也不能忽略。因此,能否将物体抽象为刚体应视所解决问题的性质而定。

本章以刚体为研究对象,因此也称“刚体静力分析”或“刚体静力学”。

3. 平衡

平衡是指当物体受到一力系作用而相对于地球作匀速直线运动或静止时,则认为该物体处于平衡状态。作用于该物体上的力系,称为平衡力系。力系是指作用于刚体上的一群力。

平衡是相对的,物体的平衡是物体机械运动的特殊形式,物体的平衡规律远比一般运动规律简单。在工程中往往会遇到很多机器零件、部件等物体的平衡问题,需要进行静力分析计算,因此平衡规律的应用很广泛。

使物体平衡的力系所应满足的条件称为力系的平衡条件。

二、静力学公理

人们经过对长期的生活、生产实践积累的经验和科学试验结果加以总结、归纳和抽象,建立了一些静力学的基本公理。这些公理概括了力的各种性质,是在实践和认识的反复中总结出来的客观规律,也是静力分析的理论基础。

1. 二力平衡条件(公理一)

作用在同一刚体上的两个力,使刚体平衡的必要和充分条件是:这两个力的大小相等,方